

GeoAI 기반 환경정책 수립 지원 체계 구축 : 서울특별시의 토지피복과 LST 관계 분석

김근한

한국환경연구원 전문연구원

Development of GeoAI-based Environmental Policy Establishment Support System : Analysis of The Relationship Between Land Cover and LST in Seoul

Kim, Geunhan

Korea Environment Institute, Research Specialist, Sejong, Korea

ABSTRACT

It is necessary to establish environmental policies based on data-based analysis in order to solve complex and diverse environmental problems that occur continuously. However, simple analysis of environmental spatial information and data has limitations in establishing effective environmental policies and solving environmental problems. It is necessary to utilize objective analysis using artificial intelligence techniques such as probability/statistics, machine learning, and deep learning through convergence and complex connection with new technologies such as sensors, images, and drones. In particular, location-based spatial information can provide tools and technologies to understand, analyze, and visualize phenomena that appear differently depending on the location of an actual phenomenon. In addition, the convergence of spatial information and various data enables value creation through new knowledge. Therefore, in this study, it is proposed to establish a GeoAI-based environmental policy establishment support system that can converge and link spatial information based on location information and various data. And in order to examine the applicability of this support system, meaningful results could be derived by analyzing the relationship between LST and land use/cover for Seoul. The valuable new knowledge derived through this GeoAI-based environmental policy establishment support system is expected to be utilized as various basic data for future city and environmental planning.

Key words: GeoAI, Environmental Policy Establishment Support System, Spatial information, AI

1. 서론

공공 정책의 성공은 국민의 충분한 이해 및 공감과 정책 시행에 따른 효과를 체감할 때 성공했다고 평가할 수 있다. 하지만 이러한 공공 정책의 추진에는 막대한 예산이 소요되며, 해당 효과는 장기간에 걸쳐 나타나기 때문에 국민이 이해하고 공감할 수 있는 정책 수립을 위해서는 객관적이고 과학적인 데이터 분석 기반의 정책적 근거를 제시해야 한다(Yang and Kim, 2022).

이러한 데이터 분석에는 회귀분석과 같은 전통적인 확

률/통계 기법 연구에서 인공지능망과 같은 딥러닝 기법까지 다양한 AI (Artificial Intelligence) 분석 기법들을 활용할 수 있다. 그리고 이러한 분석 기법은 종속변수와 종속변수에 영향을 미치는 다양한 독립변수들과의 관계(빈도, 상관성 등)를 분석 및 학습하고, 학습된 결과를 적용하여 결과를 예측하게 된다. 특히 이러한 분석 방법들은 정형 데이터만 구축되어 있다면 확률/통계, 기계학습, 딥러닝 등 다양한 AI 분석 기법의 적용이 가능하다.

공간정보는 실제위치에 따라 다르게 나타나는 현상에 대한 이해, 분석 및 분석 결과를 시각화할 수 있는 도구와

†Corresponding author : ghkim@kei.re.kr (Bldg B, 370 Sicheong-daero, Sejong, Korea Environment Institute, 30147, Korea. Tel. +82-44-415-7752)

ORCID 김근한 0000-0002-4462-6991

기술을 제공한다(VoPham et al., 2018). 그리고 다양한 유형의 데이터와 결합한 융복합 분석을 통해 새로운 가치 창출이 가능하다(Kim et al., 2016). 기존 선행연구를 살펴보면 공간정보와 다양한 유형의 데이터들과의 융복합 분석 및 활용은 정책적 지원 부문에서 시너지 효과를 확인할 수 있었다(Kim et al., 2013, Kim and Yoon, 2013, Kim et al., 2014, Lee et al., 2014, Yu et al., 2014, Kim, 2015).

따라서 Hu et al. (2019)이 정의한 바와 같이 공간정보와 AI, 데이터 마이닝 및 고성능 컴퓨팅의 방법을 결합하여 의미 있는 정보를 추출하는 것을 GeoAI (Geospatial Artificial Intelligence)라 할 수 있다(Hu et al., 2019). 즉 공간정보의 취득, 가공, 관리, 분석 및 시각화 방법 등을 인공지능 기술(확률/통계 기법, 기계학습 기법과 딥러닝 기법 등)을 통해 공간 데이터와 다양한 유형의 데이터들의 연계 및 효율적인 처리, 분류 및 예측을 가능하게 한다(VoPham et al., 2018).

다양한 환경문제를 해결하기 위한 환경 정책의 수요는 증가하고 있으며, 국민들의 공감과 이해를 유도하기 위해서는 데이터 기반의 분석 결과를 활용한 환경정책 수립이 요구된다. 하지만 환경공간정보 및 데이터의 단순 분석 활용은 환경정책 수립 및 환경문제 해결과 국민적 공감대를 이끌어내는데 있어 제한적이기 때문에 새로운 데이터 기반의 기술(센서, 영상, 드론 등)들과의 융복합적 연계와 AI 기법(확률/통

계, 기계학습, 딥러닝 등)을 활용한 객관적 분석이 필요하다. 또한 신규로 구축되거나, 지속적으로 갱신되고 있는 각 부처별, 매체별로 분산되어 있는 환경공간정보를 포함한 다양한 공간정보와 다양한 유형의 데이터(센서, 통계, 촬영 영상, 이미지 등)들의 체계적인 관리 및 활용 체계 연구가 필요하다.

이에 본 연구에서는 객관적이고 과학적인 데이터 분석 기반의 정책적 근거를 제시할 수 있도록 공간정보를 중심으로 다양한 유형의 데이터와의 연계 및 활용이 가능한 GeoAI 기반의 환경 정책 수립 지원 체계의 구축을 제안하고자 한다. 그리고 이러한 지원 체계의 활용 가능성을 검토하기 위하여 서울특별시를 대상으로 LST와 토지이용/피복과의 관계 분석을 위한 도구로 GeoAI 기반 환경정책 수립 지원 체계를 적용하였다.

2. GeoAI 기반 정책 수립 지원 체계 구축 방법론

2.1. GeoAI 개념 및 특징

GeoAI는 Table 1과 같이 여러 연구에서 다양하게 정의되고 있다.

VoPham et al.(2018)은 GeoAI가 최신 공간정보 기술과

Table 1. Existing definitions of GeoAI

Source	Definition
VoPham et al. (2018)	The scientific field of GeoAI was recently formed from combining innovations in spatial science with the rapid growth of methods in artificial intelligence, particularly machine, data mining, and high-performance computing to glean meaningful information from spatial big data.
Hu et al.(2019)	The integration of geography and AI has given rise to the new and exciting interdisciplinary field of GeoAI.
Janowicz et al. (2020)	GeoAI as a subfield of spatial data science utilizes advancements in techniques and data cultures to support the creation of more intelligent geographic information as well as methods, systems, and services for a variety of downstream tasks.
Li (2020)	GeoAI sits at the junction of AI, geospatial big data, and high performance computing (HPC) to provide a promising solution technology for data-or compute-intensive geospatial problems.
Xie (2020)	GeoAI is a generalization of traditional artificial intelligence (AI) techniques to address unique challenges posed by geospatial data, i.e., geo-referenced data with location markers.
Alastal and Shaqfa (2022)	GeoAI can be described as an emerging scientific discipline that combines innovations in spatial science, AI methods such as ML, and DL, data mining, and high-performance computing.
Chauhan and Shekhar (2021)	GeoAI, the branch of AI which focuses on building algorithms that make sense of information and feedback received in space and time, strengthens, and enriches AI itself.
Gao (2021)	GeoAI is the integration of geospatial studies and AI, especially machine learning and deep learning methods and the latest AI technologies in both academia and industry.
Li and Hsu (2022)	We define GeoAI as a new transdisciplinary research area that exploits and develops AI for location-based analytics using geospatial (big) data.
Purbahapsari and Batoarung (2022)	GeoAI is a scientific discipline that combines innovations in spatial science, artificial intelligence methods in machine learning, data mining, and high-performance computing to extract knowledge from spatial big data.

기계학습, 데이터 마이닝 및 고성능 컴퓨팅 방법 등 인공지능 기술을 결합해 공간 빅데이터로부터 의미 있는 정보를 수집하는 것으로 정의하였다. 또한, GeoAI는 컴퓨터 과학, 공학, 통계학, 우주 과학을 포함한 많은 과학 분야를 연결하는 매우 학제적인 분야라고 덧붙였다.

Hu et al.(2019)에 따르면 GeoAI는 지리학과 AI의 통합으로 정의되는 새롭고 흥미로운 학제 간 분야이다. 이들은 GeoAI가 한 분야로 부상하게 된 세 가지 요인에 대해서도 설명했다. 첫 번째 요인은 많은 양의 공간정보 데이터의 가용성이 증가함에 따라 점점 더 복잡해지는 AI 모델에 대한 지속적인 학습이 가능해졌다. 두 번째 요인은 새로운 AI 모델과 기타 계산 방법이 지리학적 문제를 위해 특별히 개발되기 시작했다는 것이다. 세 번째 요인은 고성능 컴퓨팅 하드웨어의 가용성이 증가함에 따라 공간 빅데이터를 사용하여 GeoAI 모델을 효율적으로 학습할 수 있게 되었다는 것이다.

Janowicz et al.(2020)은 공간 데이터 과학의 하위 분야인 GeoAI를 기술과 데이터 분야의 발전으로 보다 지능적인 공간정보의 생성을 지원하는 것으로 정의하였다. 여기에는 이미지 분류, 객체 감지, 장면 분할, 시뮬레이션 및 보간, 예측, 자연어 기반 검색 및 질문 답변, 즉각적인 데이터 통합 등이 포함된다.

Li (2020)는 GeoAI를 AI, 공간 빅데이터, 고성능 컴퓨팅의 교차점에 위치한 데이터 집약적 또는 컴퓨팅 집약적 지리공간 문제를 해결하기 위한 유망한 솔루션 기술을 제공하는 것이라 정의하였다. AI의 학제 간 확장으로서 GeoAI의 목표는 기계가 인간처럼 공간 추론 및 분석을 수행할 수 있는 지능을 얻는 것이다.

Xie (2020)는 GeoAI를 공간 데이터, 즉 위치정보가 포함된 지리 참조 데이터가 제기하는 다양한 과제를 해결하기 위해 기존 인공지능(AI) 기술을 일반화한 것으로 설명하였다. 지리공간 데이터는 스마트 시티, 교통, 농업, 비즈니스, 공중 보건, 공공 안전 등과 같은 과학 및 응용 분야에서 흔히 볼 수 있다.

Alastal and Shaqfa (2022)는 GeoAI를 공간과학의 혁신과 기계학습, 딥러닝, 데이터 마이닝, 고성능 컴퓨팅 등과 같은 AI 방법을 결합한 신흥 과학 분야로 정의하였으며, 공간 빅데이터 처리와 분석에 대한 우리의 사고와 접근 방식을 체계화하는 것을 목표로 한다고 하였다.

Chauhan and Shekhar (2021)는 GeoAI를 공간 데이터를 분석하기 위한 AI 알고리즘이며, 공간과 시간에서 받은 정보와 피드백을 이해하는 알고리즘을 구축하는 데 중점을 둔 AI의 하위분류 중 하나라고 정의하였다. 또한 GeoAI는 여전히 크

고 복잡한 문제를 해결하고 새로운 지리 공간 제품 및 서비스를 위한 기술 분야로 발전하고 있는 신흥 영역이라고 하였다.

Gao (2021)는 GeoAI를 지리공간 연구와 AI, 특히 기계학습과 딥러닝 방법과 학계와 산업계의 최신 AI 기술의 통합으로 정의한다. 또한, GeoAI가 인간의 지각, 공간 추론, 지리 현상의 발견 과정을 모방하고, 지리정보 과학(GIScience)의 공간적 맥락과 뿌리에 초점을 맞추어 인간의 환경 시스템과 그들의 상호 작용 문제를 해결하기 위한 지능형 컴퓨터 프로그램을 개발하는 연구 대상으로 간주할 수 있다고 하였다.

Li and Hsu (2022)는 GeoAI를 공간(빅)데이터를 활용한 위치 기반 분석을 위해 AI를 활용하고 개발하는 새로운 학제간 연구 영역으로 정의하였다. 이는 장소와 공간의 과학인 지리학과 AI 연구를 통합하는 개념이다. 또한 AI가 인간처럼 추론할 수 있는 기계 지능의 개발에 관한 것이라는 데 동의한다는 가정하에, 인간과 마찬가지로 공간 추론과 위치 기반 분석을 수행할 수 있는 능력을 갖춘 차세대 기계를 개발하는 것을 AI와 지리의 연결고리인 GeoAI의 목표로 보았다.

Purbahapsari and Batoarung (2022)은 GeoAI를 공간 빅데이터에서 지식을 추출하기 위해 공간정보와 기계학습, 데이터 마이닝, 고성능 컴퓨팅 등을 결합한 과학 분야로 정의하였다. 또한, GeoAI 기술은 많은 양의 공간 및 시간 데이터를 여러 형식으로 관리할 수 있는 기능, 고효율성, 알고리즘 및 워크플로우 관리의 유연성, 다양한 영역에서 복제의 용이성 등 환경 모델링에서 더 많은 이점을 제공한다고 하였다.

선행연구에서 살펴볼 수 있듯이 GeoAI는 위치정보를 포함한 공간정보와 기계학습, 딥러닝, 컴퓨팅 기술 등 AI 기법이 결합하여 더욱더 지능적이고, 새로운 가치를 창출하는 하나의 새로운 과학영역으로 정의한다. 세부적인 특징들을 살펴보면 공간 빅데이터를 활용한 모델을 적용하면 문제를 해결할 수 있으며, 위치정보를 활용한 공간적 개념과 시간적 개념이 문제 해결에 포함된다는 것이다. 그리고 GeoAI는 위치정보를 포함한 공간의 개념과 다양한 현상의 상호 작용에 대하여 사람들은 지식을 발전시키고, 문제를 해결하기 위한 지능형 컴퓨터 프로그램을 개발하기 위한 노력으로 간주할 수 있다.

2.2. GeoAI 기반 정책 수립 지원 체계 구축 방법

GeoAI를 연구주제로 다룬 선행연구들을 검토한 결과 GeoAI는 다음과 같은 서비스를 제공하여야 한다. 첫째, 다

양한 유형의 데이터와의 연계가 가능해야 한다. 즉 공간정보 이외의 다양한 종류의 데이터와의 연계를 통해 공간분석이 가능해야 한다. 그리고 공간분석뿐만 아니라 이러한 공간정보의 속성정보와 다양한 데이터들의 연계를 통해 AI 분석이 가능해야 한다. 그리고 지속적으로 구축 및 갱신되는 다양한 공간정보와 다양한 유형의 데이터의 저장·관리·분석 서비스가 가능해야 한다(Kim et al., 2016). 이러한 서비스는 기존 공간 빅데이터 서비스의 내용과도 일치한다. 다만 GeoAI에서는 AI 분석과 관련된 최신의 분석 신기술의 적용과 AI 분석을 수행한 분석 결과의 획득이 쉽다는 장점이 있다.

따라서 GeoAI 기반의 환경정책 수립 지원 체계의 구성은 Fig. 1과 같다. 본 연구에서 제안하는 환경정책 수립 지원 체계는 데이터의 수집, 가공, 저장과 정형데이터의 생성, 분석(연산), 분석 결과의 서비스 제공이 하나의 체계 안에서 윈스톱으로 가능하다. 현재는 하나의 과정보다 데이터 포맷이 변경되므로 별도의 프로그램을 이용한 데이터 포맷 변환과정이 필요한데, 본 연구에서 제안하는 분석 체계를 활용할 경우 이러한 데이터의 이동 및 포맷의 변환 같은 처리 과정이 생략되어 사용자의 편의성을 향상할 수 있다. 예를 들면 기존에는 각각의 독립변수의 속성값을 활용하여 종속변수 예측값을 아스키 형태로 추출하고 이를 GIS 툴을 이용하여 가시화해야 하였지만, 이러한 과정 없이 저장부터 분석 결과의 제공까지 윈스톱으로 서비스 제공이 가능한 것이다.

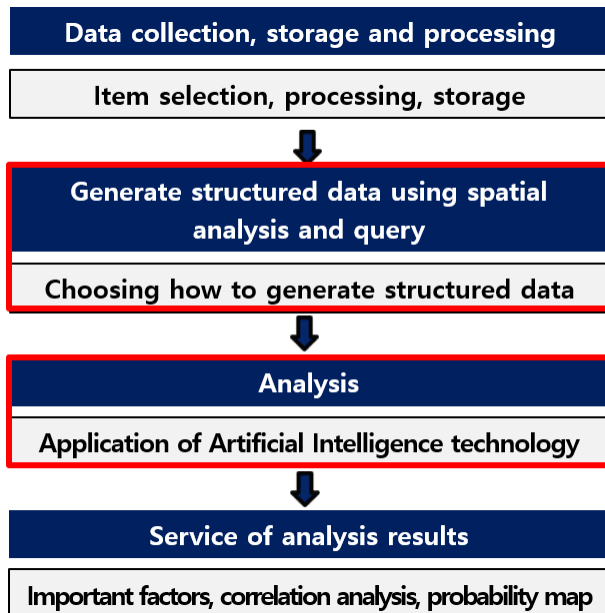


Fig. 1. GeoAI-based environmental policy support system framework

이를 위해 본 연구에서는 공간 DBMS를 활용한 지원체계를 제안하였다. 공간 DBMS는 공간정보의 저장 및 관리와 데이터의 갱신이 편리하다. 그리고 GeoAI를 활용하기 위한 위치 기반의 공간분석과 AI 분석을 수행하기 위해 필요한 정형데이터의 생성이 용이하며, 다양한 데이터와의 연계 또한 위치 기반의 추출 및 데이터 조인을 통해 손쉽게 연계할 수 있다는 장점이 있다.

데이터의 수집, 가공, 저장을 위해서 본 체계에서는 공간 DBMS를 활용했다. 외부로부터 입력받은 데이터의 좌표체계를 변환하거나, 래스터(raster), 셰이프(shape) 등의 데이터 포맷으로 변환하거나, 동일한 격자 위치 및 크기에 대응되도록 데이터를 가공하여 공간 DBMS에 저장한다. 이러한 공간 DBMS (PostGIS)의 활용은 응용프로그램에 적용 및 확장에 용이하기 때문에 본 연구에서 제안하는 윈스톱 환경정책 수립 지원체계의 구축에 적합하다. 또한 다양한 분야에서 구축 및 갱신되고 있는 데이터의 저장, 삭제, 수정 등 관리가 쉽고, 시계열 분석 등에 적용하기에도 편리하다. 그리고 데이터를 2차원의 테이블 형태로 표현하고, 데이터간의 관계를 기본키와 외래키 값으로 연계 표현할 수 있다. 이러한 연계는 관계 데이터 모델을 기반으로 여러 테이블에 분포된 정보를 쿼리를 통해 손쉽게 추출할 수 있다.

AI 분석에 필요한 정형 데이터를 생성하기 위해서는 공간 DBMS에 저장된 데이터 중 분석하고자 하는 변수를 종속변수로 지정하고, 다양한 관련 독립변수를 대상으로 실험 지역을 설정하여 정형데이터를 추출해야 한다. 이때 정형데이터를 생성하기 위한 설정 항목은 분석방법, 종속변수, 독립변수, 분석지역, 격자크기, 샘플링 개수, 범위, 데이터 포맷 등 다양하다. 이러한 설정항목에 대해 정형데이터를 생성하기 위해서는 저장된 공간정보를 대상으로 쿼리를 이용하여 속성 값을 추출한다. 예를 들어 Fig. 2와 같이 행정구역, 임의의 공간 범위 또는 샘플링한 포인트, 특정 측정망과 같은 포인트, 그리고 실험범위의 모든 래스터 격자들을 기준으로 버퍼 등 공간분석을 수행하고, Fig. 3과 같이 각각의 래스터 격자별로 기준 거리를 설정하여 버퍼를 수행 후 버퍼 내 포함된 독립변수 인자들의 면적이나 평균 값 등을 추출함으로써 종속변수와 독립변수들로 이루어진 정형데이터 생성이 가능하다. 나아가 신규 데이터가 공간 DBMS에 입력되었을 때 동일한 프로세스를 수행하여 새로운 정형데이터를 획득함으로써, AI 분석을 수행할 수 있는 자동화된 분석체계를 구축할 수 있다.

을 공간 데이터베이스에 저장하는 데이터 포맷이지만, 인공지능 분석방법으로 분석하려면 csv 포맷으로의 변환이 필요할 수 있다. 이 경우, 인공지능 분석방법으로 분석하기 위해서는, 공간 데이터베이스로부터 데이터를 저장매체에 저장하고, 외부 프로그램으로 저장된 데이터의 포맷을 변환한 후, 인공지능 분석방법 툴에 입력해야 한다. 또한 인공지능 분석방법 툴로 출력한 데이터는 공간 DBMS에 바로 저장될 수 없으므로, 결과 데이터를 다시 외부 프로그램으로 변환하여 활용해야 하는데 이때 메모리 문제 등 예상치 못한 문제들로 인하여 활용에 제약이 있을 수 있다. 따라서 본 연구에서 제안한 분석 체계의 인공지능 분석방법을 이용한다면, 데이터 연계부에 의해 데이터 포맷이 변경되어 별도의 프로그램을 이용한 데이터 포맷 변환과정이 생략되므로, 인공지능 분석과정이 단순화되어 사용자의 편의성을 향상시킬 수 있다.

3. GeoAI 기반 정책 수립 지원 체계 적용 실험

본 장에서는 본 연구에서 제안한 GeoAI 기반 정책 수립 지원 체계의 활용가능성을 검토하기 위해 서울특별시 를 대상으로 토지 이용/토지 피복(LULC)과 지표면 온도(Land Surface Temperature, 이하 LST)와의 관계를 분석하였다. 기존 많은 연구에서 토지이용/토지피복과 지표면 온도와의 상관성이 나타남에 따라 본 연구에서 제안한 GeoAI 기반 정책 수립 지원 체계에 토지 이용/토지 피복과 지표면 온도와의 관계 분석을 수행해보고, 해당 방법론의 활용 가능성을 검토하고자 했다.

이를 위해 2019년 촬영된 Landsat 8 위성영상 자료를 활용하여 구축한 LST를 종속변수로 활용했다(Kim et al., 2021). 그리고 2019년 촬영된 Sentinel-2 위성영상으로 구

축한 NDBI (Normalized Difference Built-up Index), NDWI (Normalized Difference Water Index), GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index)와 수치 지형도로부터 추출한 표고와 경사, 2019년 세분류 토지피복지도로부터 구축한 세분류 토지피복을 독립변수로 활용했다. 이러한 종속변수와 독립변수들을 공간 DBSM에 저장한 후 분석에 활용했다.

공간 DBMS에 저장된 데이터에서 정형데이터를 추출하기 위해 서울 전 지역 약 110만 개의 LST 래스터 격자 각각에 대해 50 m ~ 500 m의 버퍼를 걸어 각 버퍼 공간 내 포함된 NDBI, NDWI, GNDVI의 합, 표고와 경사 평균 값, 각각의 세분류 토지피복 면적의 합을 계산하였다. 각각의 값들을 독립변수로 활용하였으며, 해당 래스터 격자에 포함된 LST 값은 종속변수로 활용하여 약 110만 개의 레코드를 가진 버퍼 거리(50 m ~ 500 m)별 10개의 정형데이터를 생성했다. 이러한 정형데이터를 다양한 기계학습 기법을 적용하여 Fig. 5와 같이 각각의 모델별 설명력을 추출했다.

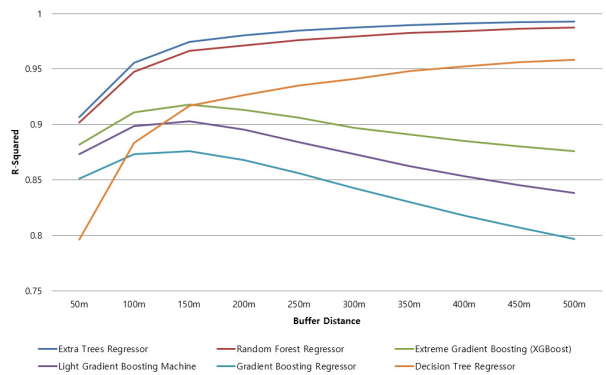


Fig. 5. Comparison of explanatory power of model according to buffer distance

Table 2. Description of variables

Data		Spatial resolution	Source (Year)	
Dependent Variable	Land Surface Temperature	30 m × 30 m	Landsat 8 (2019)	
Independent Variable	Landscape features	10 m × 10 m	Sentinel-2 (2019)	
				NDBI
				NDWI
	GNDVI			
	Topographic features		Elevation	Digital Elevation Map (2019)
Slope				
LULC features	Sub-division land cover	Land Cover Map (2019)		

이렇게 도출한 모델별 설명력을 검토한 결과 각각의 LST 격자에서 150 m가 떨어졌을 때, 의미 있는 결과가 도출된다고 판단할 수 있었고, 많은 연구에서 활용하고 있는 XAI 기법의 XGBoost-Shap 모델을 활용하여 추가 분석을 수행했다. 각각의 LST 래스터 격자별 150m 버퍼를 수행하여 확보한 정형데이터와 XGBoost 모델을 활용하여 LST의 예측 결과를 도출하고, SHAP 모델을 활용하여 LST에 영향을 미치는 독립변수 인자들을 Fig. 6와 같이 도출했다. 분석 결과를 살펴보면 격자 주변 150 m 이내의 NDBI가 높을수록 LST가 높게 나타났으며, GNDVI가 높을수록 LST가 낮게 나타남을 알 수 있었다.

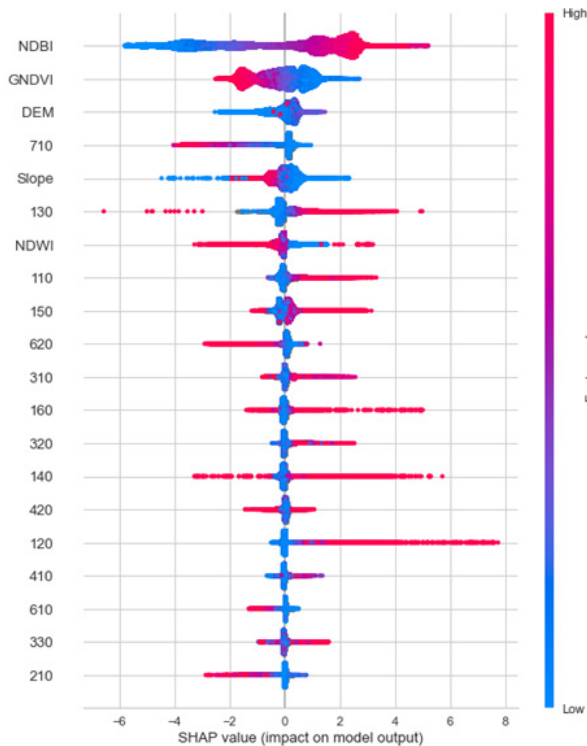


Fig. 6. Importance and direction of independent variables influencing LST

또한 LST 래스터 격자별 150 m 버퍼를 수행하여 확보한 정형데이터와 XGBoost 모델을 활용하여 LST의 예측 결과를 도출하였으며, 이때 토지이용의 변화가 LST에 미치는 영향을 분석할 수 있다. 예를 들어 경부고속도로의 지하화 사업이 추진될 경우 해당 지역의 LST 변화를 예측할 수 있다. 기존 고속도로 지역을 공원지역으로 변경

하여 LST를 예측한 결과 Fig. 7과 같은 결과를 도출할 수 있었다. 분석 결과 고속도로였던 지역으로부터 거리가 멀어질수록 LST 저감효과는 떨어졌고 가장 많은 LST 저감 효과가 나타난 곳은 약 1.6°C의 온도 저감효과를 기대할 수 있었다(Fig. 8).

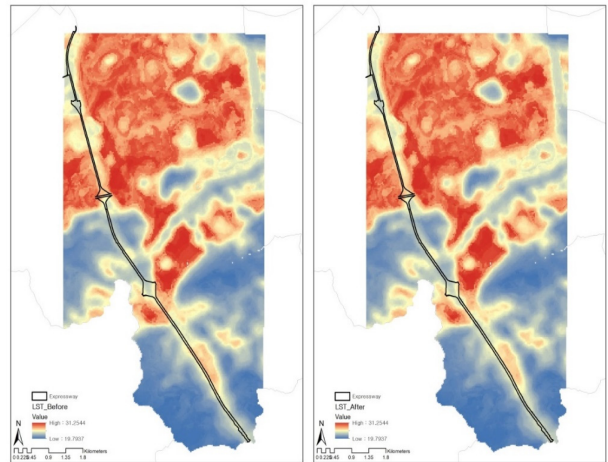


Fig. 7. Spatial distribution of LST before and after the expressway underground project

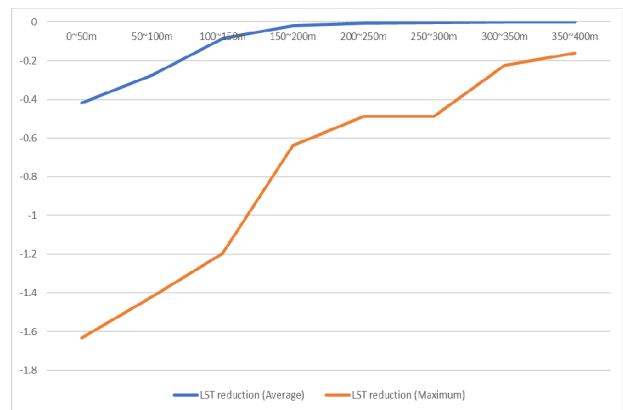


Fig. 8. LST reduction effect according to distance from expressway

GeoAI 기반 환경정책 수립 지원 체계를 활용한 토지이용/피복과 LST와의 관계 분석과 같은 활용 사례와 같이 LST에 미치는 영향 거리의 파악과 다양한 인자(독립변수)들의 관계를 파악했다. 이러한 새로운 정보의 제공은 향후 도시 및 환경계획 수립 시 다양한 근거자료로 제공되는 등 다양하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결론

지속적으로 발생하는 복잡하고 다양한 환경문제를 해결하기 위한 환경 정책의 수요는 증가하고 있으며, 이러한 정책에 대해 국민들의 공감과 이해를 유도하기 위해서는 지속적으로 구축되고 갱신되는 다양한 유형의 데이터들을 활용한 분석 도구의 개발이 필요하다. 특히 위치 기반의 공간정보는 실제 위치에 따라 다르게 나타나는 현상에 대한 이해와 더불어 분석 및 분석 결과를 시각화할 수 있는 도구와 기술을 제공하며, 이러한 공간정보와 다양한 유형의 데이터와의 융합 연계함으로써 새로운 지식을 통한 가치 창출이 가능하다. 이에 본 연구에서는 이러한 공간정보와 다양한 유형의 데이터와의 연계를 통한 GeoAI 기반의 환경정책 수립 지원 체계의 구축을 제안했다.

환경 정책 수립 지원 체계는 공간 DBMS 기반으로 데이터의 수집, 가공, 저장과 정형데이터 생성, 분석(연산), 분석 결과의 서비스가 하나의 체계 안에서 윈스톱으로 가능한 체계이다. 이러한 지원 체계의 활용 가능성을 검토하기 위해 서울특별시를 대상으로 LST와 토지이용/피복과의 관계를 분석하였으며, 추가로 토지이용의 변화가 LST에 미치는 영향을 분석하기 위한 예로 경부고속도로의 지하화 사업의 추진 후 해당 지역의 LST의 변화를 예측하였다. 기존 고속도로 지역을 공원지역으로 변경하여 LST를 예측한 결과 고속도로였던 지역으로부터 거리가 멀어질수록 LST 저감효과는 떨어졌고 가장 많은 LST 저감효과가 나타난 곳에서는 약 1.6℃의 온도 저감효과를 기대할 수 있었다.

이렇듯 본 연구에서 제시한 바와 같이 GeoAI 기반 환경정책 수립 지원 체계를 통해 제공하는 새로운 관련 정보의 제공은 향후 도시 및 환경계획 수립 시 다양한 근거 자료로 제공되는 등 다양하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 특히 본 연구에서 활용한 토지피복과 LST 관계 분석 외에 도시 및 환경계획 수립과 관련된 다양한 이슈들에서 종속변수와 독립변수로 활용할 수 있는 변수(항목) 관련 데이터가 있다면 더욱 다양한 분석 결과를 도출할 수 있을 것이며, 이는 도시 및 환경계획에서 다양하게 활용될 수 있을 것이다. 마지막으로 이러한 분석도구를 실제 환경 또는 도시계획 수립 단계에서 활용할 수 있도록 연계 검토가 필요하며, 향후에는 다양한 전문가와 시민들이 참여하여 의견을 교환하고 분석을 수행할 수 있도록 리빙랩 또는 플랫폼 등의 형태로 개발과 관련한 연구가 필요하다고 판단된다.

사사

본 논문은 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원(과제번호 22UMRG-C158194-03)으로 한국환경연구원이 수행한 ‘온실가스 저감을 위한 국토도시공간 및 관리기술 개발(2022-012(R))’의 연구결과로 작성되었습니다.

References

- Alastal, A. I., Shaqfa, A. H. 2022. GeoAI Technologies and Their Application Areas in Urban Planning and Development: Concepts, Opportunities and Challenges in Smart City (Kuwait, Study Case). *Journal of Data Analysis and Information Processing* 10(2):110-126.
- Gao S. 2021. *Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI)*. Oxford University Press.
- Hu Y, Gao S, Lunga D, Li W, Newsam S, Bhaduri B. 2019. GeoAI at ACM SIGSPATIAL: progress, challenges, and future directions. *Sigspatial Special* 11(2):5-15.
- Janowicz K, Gao S, McKenzie G, Hu Y, Bhaduri B. 2020. GeoAI: spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. *International Journal of Geographical Information Science* 34(4):625-636.
- Kim D. 2015. The Use of Spatial Big Data for Planning Support: Case of Building-energy Data for Seoul Metropolitan Area. *The Korea Spatial Planning Review* 87:163-178.
- Kim DJ and Yoon SY. 2013. Big data utilization for monitoring territorial policy responses and predicting policy demand. *Research report, KRIHS* 21-69.
- Kim DJ, Hwang MH, Yoon SY and Seo TS. 2014. A study on building and utilization of spatial knowledge platform for scientific territorial planning(1), *Research report, KRIHS* 1-49.
- Kim G. 2021. Prediction of Land Surface Temperature by Land Cover Type in Urban Area, *Korean Journal of remote sensing* 37(6):1975-1984.
- Kim G, Jun CM, Jung HC & Yoon JH. 2016. Providing

- service model based on concept and requirements of spatial big data. *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science* 24(4):89-96.
- Kim MJ, Kim DJ and Lee YJ. 2013. Spatial big data utilization for national land policy. Research report. KRIHS 21-69.
- Lee YJ, Kim MJ and Em ES. 2014. Implementation of welfare and safety national land and application of spatial big data, *Planning and Policy* 389(4):12-21.
- Li W, Hsu CY. 2022. GeoAI for Large-Scale Image Analysis and Machine Vision: Recent Progress of Artificial Intelligence in Geography. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 11(7):385.
- Li W. 2020. GeoAI: Where machine learning and big data converge in GIScience. *Journal of Spatial Information Science* (20):71-77.
- PS Chauhan L, Shekhar S. 2021. GeoAI-Accelerating a Virtuous Cycle between AI and Geo. In 2021 Thirteenth International Conference on Contemporary Computing (IC3-2021):355-370.
- Purbahapsari AF, Batoarung IB. 2022. Geospatial Artificial Intelligence for Early Detection of Forest and Land Fires. *KnE Social Sciences*:312-327.
- VoPham T, Hart JE, Laden F, Chiang YY. 2018. Emerging trends in geospatial artificial intelligence (geoAI): potential applications for environmental epidemiology. *Environmental Health* 17(1):1-6.
- Xie Y. 2020. GeoAI: Challenges and Opportunities.
- Yang E and Kim BJ. 2022. Is There Evidence of Evidence-based Policy?: A Systematic Literature Review of Evidence-based Policy in South Korea. *Korean Association of Governmental Studies* 56(3):105-136.
- Yu SC, Choi WW, Shin DB and Ahn J W. 2014. A Study on concept and services framework of geo-spatial big data, *Journal of Korea Spatial Information Society* 22(6):13-21.